

CAPITOLO 4

Applicazione della metodologia di analisi funzionale

Introduzione

Il presente capitolo sarà interamente dedicato all'applicazione, alla verifica e alla discussione critica riguardo tutte le metodologie approntate nella prima sezione del lavoro. In particolare, prendendo in esame un caso di studio, inizialmente verrà applicato a quest'ultimo il programma realizzato, discusso nel capitolo 3, mettendo in luce tutte le sue potenzialità e, nello stesso tempo, evidenziando quelli che, allo stato attuale, sono i suoi limiti. Ciò servirà, contemporaneamente, a validare le caratteristiche del programma e fornire all'utente una sorta di linea guida mediante la quale poter realmente utilizzare l'applicativo.

In una fase successiva, mediante particolari casi di reti funzionali, saranno descritte le modalità di generazione di studi di analisi funzionale di prodotto per la cui realizzazione è necessario applicare le teorie descritte e definite nel capitolo 2. In particolare saranno analizzati casi in cui la definizione delle caratteristiche energetiche del sistema si allontana da quella classica e si incontra la problematica del movimento.

4.1 Presentazione dei casi di studio

Per validare le metodologie e le funzioni definite all'interno del programma si è pensato di generare e sottoporre ad analisi critica alcuni studi funzionali su prodotti realmente esistenti. Tali studi, come accennato, saranno utili sia per analizzare e discutere le modalità di rappresentazione informatica, verificandone le caratteristiche mediante i moduli del programma appena descritti, sia per discriminare la validità di alcune particolari teorie formulate nelle precedenti sezioni del lavoro. Mediante gli esempi, inoltre, saranno messi in luce tutti i vantaggi offerti dal programma in fase di rappresentazione di analisi funzionale, i suoi "limiti" e tutte quelle problematiche ancora non del tutto chiarite.

Per rendere ancor più evidente la poliedricità della metodologia di analisi funzionale è stata scelta una sola tipologia (o famiglia) di prodotto, la macchina del caffè. All'analoga funzione di preparazione della bevanda suddetta, infatti, sono associate tipologie diverse di dispositivo. Traducendo il tutto secondo l'ottica dell'analisi funzionale di prodotto, a parità di macrofunzione generale, come sarà possibile osservare a breve, corrispondono reti funzionali estremamente diverse, sia a livello delle sottofunzioni utilizzate per la loro descrizione, sia per quanto riguarda le forme di analisi e gli algoritmi di verifica da applicare. Inizialmente è stata presa in considerazione ed analizzata la tradizionale *“moka”* (fig. 4.1). In seguito, per le motivazioni appena esposte, sono state analizzate la cosiddetta macchina per il caffè *“napoletana”* (fig. 4.2) ed, in fine, un dispositivo per la produzione di caffè di produzione belga (fig. 4.3), il quale, pur avendo *“funzione finale”* analoga lavora secondo una *“filosofia”* del tutto differente rispetto le altre due. La scelta è ricaduta su tali tipologie di dispositivo in quanto, come illustrato a breve, pur essendo estremamente semplici, consentono di mettere in luce tutte le problematiche che ruotano attorno allo studio di analisi funzionale ed, in particolare, danno modo di applicare e verificare l'effettiva funzionalità degli algoritmi di verifica predisposti.



Figura 4- 1: *Macchina per caffè Moka.*



Figura 4- 3: *Macchina per il caffè "Belga"*



Figura 4- 2: *Macchina da caffè "Napoletana".*

è identica per tutti e tre i dispositivi ma sarà ben presto evidenziato come, nonostante ciò, le reti di analisi si sviluppino in maniera estremamente diversa, a partire già dalla fase di contestualizzazione.

4.2 Lo studio funzionale della macchina moka: applicazione del programma

Tale tipologia di dispositivo consta di nove componenti (fig. 4.4):



Figura 4-4: Componenti della macchina da caffè moka.

- A → **Serbatoio inferiore**: contiene l'acqua e ne consente il riscaldamento.
- B → **Valvola di sovrappressione**: consente l'espulsione del vapore in caso di pressioni eccessive all'interno del serbatoio (dispositivo di sicurezza).
- C → **Filtro di risalita**: permette la risalita dell'acqua e, nello stesso tempo, ha il compito di contenere la polvere di caffè.
- D → **Guarnizione**: assicura la tenuta del sistema di filtraggio associato al componente **E**.
- E → **Filtro caffè**: consente la risalita dell'infuso, senza far passare polvere di caffè.
- F → **Serbatoio superiore**: ha il compito di contenere l'infuso di caffè ed, inoltre, mediante il beccuccio presente al suo interno, di consentirne la risalita
- G → **Tappo**: isola l'infuso dall'atmosfera
- H → **Manico**: permette la movimentazione della macchina
- I → **Manico del tappo**: dà la possibilità di muovere il tappo

Il funzionamento del dispositivo è semplice. Dell'acqua viene inserita all'interno del **serbatoio inferiore** e riscaldata mediante un fornello o una piastra. Il riscaldamento

dell'acqua, e la successiva generazione del vapore, consentono lo sviluppo, all'interno del *serbatoio inferiore*, di una pressione in grado di far risalire l'acqua, attraverso il *filtro di risalita*, fino al *serbatoio superiore*. Durante la risalita, sempre all'interno dello stesso filtro, avviene l'interazione con la polvere di caffè (l'infusione). La sostanza prodotta a seguito dell'infusione viene filtrata mediante il *filtro caffè*, dunque, come detto, risale verso il *serbatoio superiore*, il quale, alla fine del processo, conterrà, appunto, l'infuso di caffè.

Si propone, di seguito, lo studio di analisi funzionale associato al sistema preso in considerazione. La prima immagine (fig. 4.5) rappresenta la contestualizzazione della funzione generale "Produrre Caffè" all'interno del tipico ambiente di funzionamento del sistema. L'immagine di figura 4.6 rappresenta, invece, l'espansione al primo (ed ultimo) livello dell'analisi funzionale della macchina del caffè.

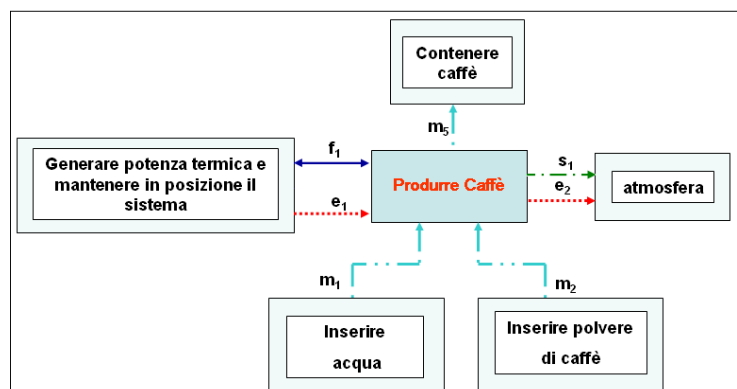


Figura 4- 5: Analisi funzionale generale della macchina da caffè.

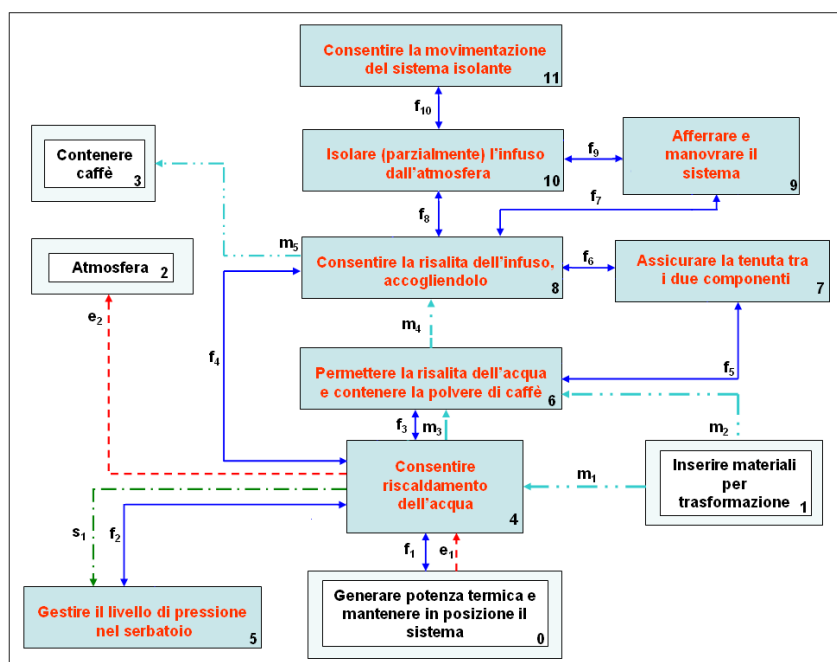


Figura 4-6: Analisi funzionale della macchina da caffè moka.

Il numero di blocchi utilizzato per la rappresentazione è esattamente pari al numero di componenti. D'altronde l'analisi è di tipo inverso; si conosce già la reale architettura del prodotto e da questa si ottiene la rete funzionale. I blocchi sono numerati da "0" a "11". Tali valori saranno anche i label inseriti all'interno del corrispettivo campo di ciascun blocco. L'insieme dei link, ovviamente, sintetizza il funzionamento reale del sistema.

4.2.1 Cenni sui principi di funzionamento e sui calcoli energetici svolti

Prima di passare alla riproposizione informatica della rete funzionale di fig. 4.6, è utile soffermarsi sulle problematiche fisiche legate al funzionamento del sistema, così da poter caratterizzare correttamente i campi dei blocchi funzionali, dei link di energia e dei link di materiale destinati alla rappresentazione delle caratteristiche fisiche della "trasformazione" prodotta. I parametri sono stati definiti in maniera approssimata, seguendo un approccio di stima orientativa delle grandezze in gioco. D'altronde ciò che interessa è la verifica della funzionalità del sistema modellistico approntato.

Si riporta, di seguito, una tabella (tab. 4.1) nella quale sono contenuti i parametri dimensionali relativi al serbatoio inferiore; partendo dall'analisi di tali dati sarà impostato il bilancio di potenza. I valori calcolati sono da riferirsi all'immagine di figura 4.7.

Tabella 4- 1: Caratteristiche dimensionali serbatoio inferiore

Serbatoio inferiore: Caratteristiche dimensionali	
Sezione media	0,0024 m ²
Altezza	0,025 m
Volume	0,00006 m ³
Kg acqua introdotti	0,06 Kg

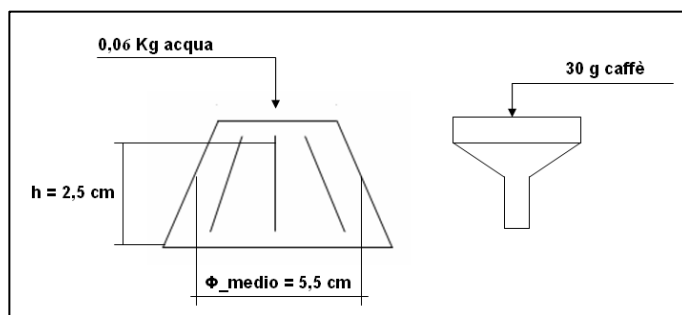


Figura 4- 7: Ingombri principali.

In parallelo, sono stati stimati i tempi di ciclo necessari alla realizzazione del caffè; analizzando il caso si è giunti alla determinazione dei seguenti tempi:

- 3' e 30'' → tempo trascorso a partire dal momento dell'accensione del fornello fino all'inizio della fuoriuscita del caffè
- 10'' → tempo necessario alla portata di fluido per percorrere il "tragitto" a partire dal serbatoio inferiore fino a giungere al serbatoio superiore
- 3' e 20'' → tempo necessario per portare a 100° C gli 0,06 Kg di acqua introdotti, a partire dalla temperatura ambiente, supposta essere pari a 25 °C

Date le caratteristiche fisiche dell'acqua, ed ipotizzando le caratteristiche fisiche del caffè (tab. 4.2):

Tabella 4- 2: Proprietà fisiche

Caratteristiche fisiche dell'acqua	
Densità (ρ)	1000 Kg/m ³
Capacità termica a press. costante (cp)	4,186 KJ/(Kg K)
Caratteristiche fisiche del caffè	
Densità (ρ)	1300 Kg/m ³
Capacità termica a press. costante (cp)	4,186 KJ/(Kg K)

è stato impostato il calcolo della potenza necessaria alla trasformazione. In particolare, per il calcolo, è stata utilizzata la formula generale:

$$Potenza [W] = \dot{m} cp \Delta T \quad (4.1)$$

relazione in cui \dot{m} rappresenta la portata fluente introdotta nel sistema, cp è il calore specifico a pressione costante relativo al fluido considerato, ΔT il delta termico subito dal fluido. In realtà, data la particolarità del caso in questione, per il quale individuare una portata in ingresso non è del tutto corretto, l'equazione (4.1) è stata ridefinita in questo modo:

$$Potenza [W] = \frac{m cp \Delta T}{t_ciclo} \quad (4.2)$$

Nella (4.2), al posto della portata compare la massa m introdotta nel sistema; l'intero termine a numeratore rappresenta, dunque, l'energia introdotta. In riferimento a tale formula è più chiaro anche il discorso riguardante la definizione della tempistica del processo, necessaria per poter correttamente definire le potenze in gioco. Il sistema in esame, infatti, è alquanto particolare da questo punto di vista. Il processo è suddiviso in più fasi, teoricamente distinte tra loro; evidentemente, l'unico modo per poter definire i livelli di potenza è stato quello di individuare, per ogni fase significativa della "trasformazione", il livello energetico in gioco il quale, rapportato al tempo, avrebbe fornito la potenza impiegata. Rapportando i contributi energetici ai

tempi medi di ciclo, ciò che si ottiene è una sorta di potenza media necessaria alla trasformazione.

All'interno del serbatoio inferiore l'acqua, introdotta a temperatura ambiente, viene portata a 100° C. Parte di essa vaporizza, generando in questo modo l'energia di pressione necessaria alla risalita del fluido. Energia, quest'ultima, che deve vincere sia il delta piezometrico esistente tra il livello del fluido all'interno del “*serbatoio inferiore*” e la sezione superiore del “*serbatoio superiore*”, sia la perdita di carico dovuta al filtraggio ed all'infusione all'interno del filtro. Si individuano, dunque, due contributi di potenza, entrambi dovuti all'assorbimento, da parte del fluido, di potenza termica proveniente dalla fonte esterna (il fornello). Una aliquota necessaria a portare il fluido a 100 °C, ed un'aliquota necessaria al superamento delle forze gravitazionali e di pressione durante la fase di risalita. Prendendo in considerazione l'equazione 4.2 ed i tempi medi di ciclo considerati, si può stimare un contributo in termini di potenza per il primo termine pari a:

$$\frac{(m * c_p * \Delta T)}{t_{\text{medio}}} \approx 94 \text{ Watt} \quad (4.3)$$

Per quanto riguarda la seconda aliquota, l'equazione impostata per il calcolo della potenza necessaria a far salire la portata di fluido, attraverso le sezioni dei vari componenti, fino al serbatoio superiore è stata ottenuta seguendo lo schema proposto in fig. 4.8. In particolare, partendo dai dati noti, ovvero la pressione atmosferica agente sulla sezione superiore, le caratteristiche dimensionali e quelle fisiche associate ai fluidi (prima acqua, poi caffè, in seguito all'infusione), si è giunti alla determinazione della pressione generata all'interno del serbatoio inferiore, a partire dalla quale, utilizzando il tempo medio stimato per la risalita del fluido attraverso le varie sezioni, definire la potenza necessaria.

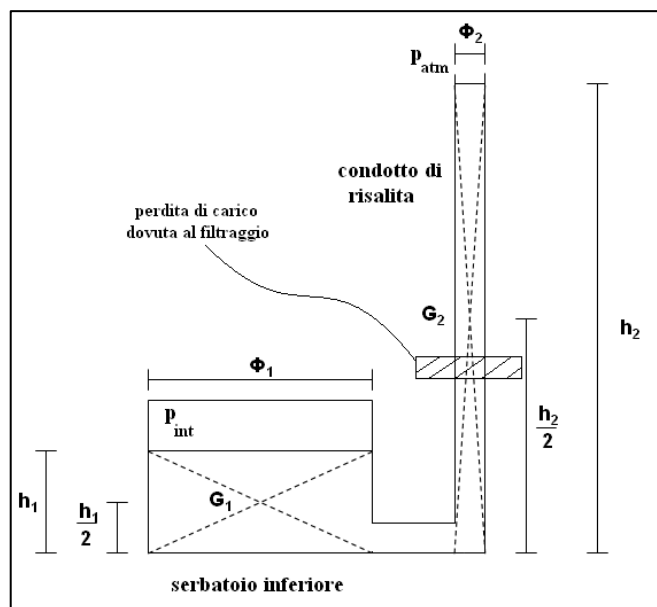


Figura 4- 8: Serbatoio inferiore – canale di risalita.

La lettura dell'immagine di fig. 4.8 può essere svolta prendendo in esame i dati riportati in tab. 4.2:

Tabella 4- 3: Proprietà geometriche e fisiche per il calcolo della potenza di risalita del fluido.

Caratteristiche	Valore	Dimensione
Geometriche		
h_1	2,5	cm
h_2	9	cm
ϕ_1	5,5	cm
ϕ_2	1	cm
Fisiche/mater.		
ρ_{acqua}	1000	Kg/m^3
$\rho_{caffè}$	≈ 1300	Kg/m^3
p_{atm}	1	atm

L'impostazione del bilancio è molto semplice; il lavoro svolto dalle forze di pressione e gravitazionali agenti sul fluido all'interno del serbatoio inferiore deve essere pari al lavoro svolto dalle stesse forze all'interno delle sezioni di risalita del fluido, al quale va sommato il valore di perdita di carico (stimata direttamente sotto la forma di perdita di energia) dovuta al filtraggio e all'infusione. Tale ultimo contributo è, senza dubbio, il termine dal valore più considerevole. Non essendo noto, è stato stimato un lavoro dissipato per filtraggio pari a dieci volte il lavoro

compiuto dal fluido nella risalita. Dunque, calcolate le grandezze S_1 ed S_2 , rispettivamente sezione media del serbatoio inferiore e del canale di risalita, in funzione di ϕ_1, ϕ_2 , è stato possibile scrivere l'equazione di bilancio:

$$(p_{\text{int}} \cdot S_1 \cdot h_1) + (S_1 \cdot h_1 \cdot \rho_1 \cdot g) \frac{h_1}{2} = (p_{\text{atm}} \cdot S_2 \cdot h_2) + (S_2 \cdot h_2 \cdot \rho_2 \cdot g) \frac{h_2}{2} + L_{p-c} \quad (4.4)$$

equazione nella quale con L_{p-c} è stato indicato il lavoro dovuto alle perdite di carico nel filtraggio, mentre p_{int} risulta essere valore incognito. Data la posizione ipotizzata per quest'ultimo termine, la 3.3 è stata ridefinita come:

$$(p_{\text{int}} \cdot S_1 \cdot h_1) + (S_1 \cdot h_1 \cdot \rho_1 \cdot g) \frac{h_1}{2} = (p_{\text{atm}} \cdot S_2 \cdot h_2) + (S_2 \cdot h_2 \cdot \rho_2 \cdot g) \frac{h_2}{2} + 10 * (p_{\text{atm}} \cdot S_2 \cdot h_2) + (S_2 \cdot h_2 \cdot \rho_2 \cdot g) \frac{h_2}{2} \quad (4.5)$$

Svolgendo i calcoli, inserendo all'interno della formula i valori definiti in tab. 3.1 facendo attenzione a rispettare i rapporti dimensionali tra le varie grandezze, è stato calcolato il valore di p_{int} , pari a circa 1,3 *atm*, valore assolutamente accettabile. Ipotizzando un tempo medio di risalita pari a 10 secondi, in presenza di una pressione pari a 1,3 *atm*, è stato stimato che, per la risalita del fluido fosse necessario 1 W di potenza. In prima approssimazione tale ulteriore Watt di potenza è da considerarsi una aliquota aggiuntiva ai 94 Watt calcolati in precedenza, in quanto la produzione di tale watt è da considerarsi funzione del calore introdotto nel sistema attraverso la fonte termica, mediante il quale parte dell'acqua presente nel serbatoio è vaporizzata.

Riassumendo, dunque, al fine di svolgere la funzione descritta in fig. 4.5 sono necessari 95 Watt di potenza netta, da "recuperare" dalla fonte termica. La domanda, a questo punto, è quanta potenza è necessario fornire realmente al sistema al fine di ottenere i 95 Watt necessari. Facendo una serie di ipotesi semplificative riguardo le potenze assorbite dal materiale costituente il serbatoio inferiore, quella dispersa per conduzione, sempre dallo stesso organo, e quella assorbita dalla polvere di caffè durante il processo di infusione, si è giunti a stabilire una potenza necessaria in ingresso al sistema pari a circa 400 Watt. L'immagine di fig. 4.9 chiarisce sinteticamente i concetti appena esposti.

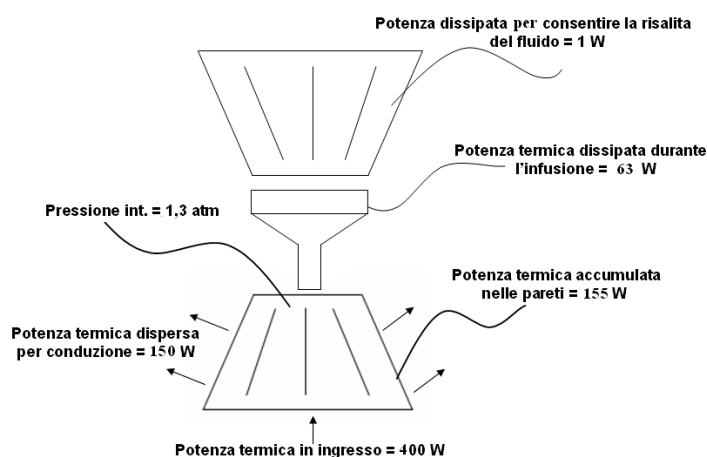


Figura 4-9: Potenza termica scambiata e pressioni.

In particolare è valida l'ipotesi secondo cui, all'interno delle pareti del serbatoio inferiore, si accumulino, durante la fase di riscaldamento, 155 dei 400 W forniti dalla fonte di calore. In maniera analoga è stata ipotizzata una dispersione termica di calore pari a 150 W. Per quanto riguarda i 63 watt di potenza termica dissipati durante il processo di infusione dell'acqua con la polvere di caffè, la quantità indicata è stata calcolata applicando la (4.2) alla trasformazione, ipotizzando una temperatura di fuoriuscita del caffè pari a 50° C e rapportando l'energia consumata (immagazzinata nella polvere di caffè) al tempo medio di ciclo ipotizzato per la particolare fase del processo.

Come ultima considerazione è stata valutata la quantità di energia introdotta nel sistema dall'acqua. Innanzitutto è necessario sottolineare che, a livello teorico, per il caso in questione si dovrebbe, appunto, parlare di energia, non di potenza introdotta. L'acqua, infatti, è inserita all'interno del sistema prima dell'inizio delle fasi di trasformazione. Nel momento in cui si incomincia a fornire energia, essa si trova già all'interno del sistema; di conseguenza sarebbe teoricamente poco corretto parlare di portata di acqua, dunque di potenza introdotta. Per aggirare il problema, dovuto alla particolarità del caso, si è ragionato in questi termini. Mediante un processo a ritroso, ovvero partendo dal dato di potenza contenuta all'interno dell'acqua una volta portata a 100° C, è stata calcolato il valore teorico della potenza iniziale contenuta all'interno dell'acqua per far sì che la "trasformazione energetica" dai 25° C ai 100° C potesse avvenire effettivamente nei 200 secondi stimati. Tale valore di potenza è risultato essere pari a zero, come, d'altronde ci si aspettava.

Applicando la (4.2) al caso dell'introduzione dell'acqua nel sistema, infatti, si avrebbe ΔT pari a zero, dunque potenza nulla a prescindere da tutti gli altri parametri

4.2.2 Applicazione del programma al caso della macchina per il caffè "moka"

Lanciando il programma, l'utente si interfaccia con una finestra di comando mediante la quale gestire le fasi costruttive dello studio di analisi funzionale. Dopo un messaggio di avviso iniziale, viene immediatamente richiesto di costruire il primo blocco funzionale, dopodiché è necessario specificare i blocchi che rappresenteranno le strutture di ambiente esterno. Osservando l'immagine di fig. 4.6, i valori da inserire sono (fig. 4.10):

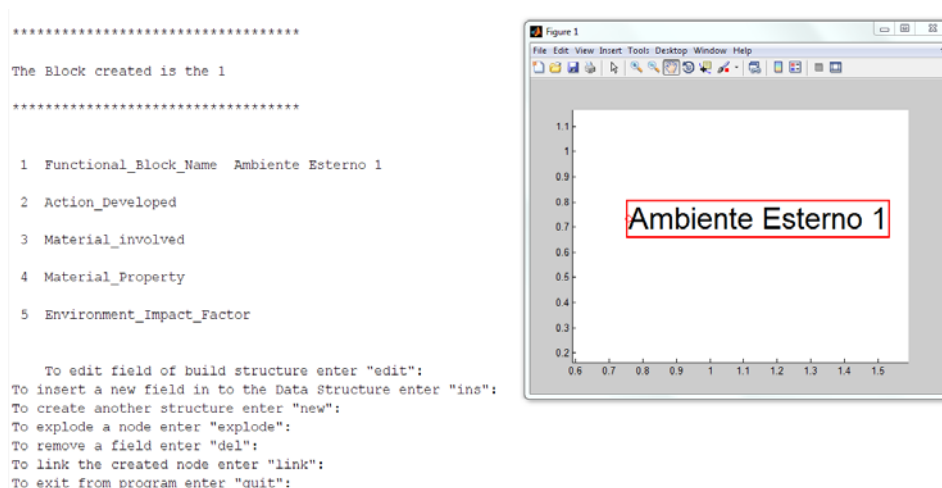


Figura 4-10: Fasi iniziali del programma.

È possibile visualizzare nella precedente immagine, come il programma fornisce tutti gli strumenti di gestione dell'analisi funzionale ogni qual volta si esegue un'operazione sulla rete funzionale.

Come noto dalla descrizione delle fasi del "main", la procedura immediatamente successiva corrisponde alla definizione formale di tutti i blocchi di ambiente esterno (fig. 4.10); premuto l'invio si parte, dunque con la definizione (fig. 4.11).

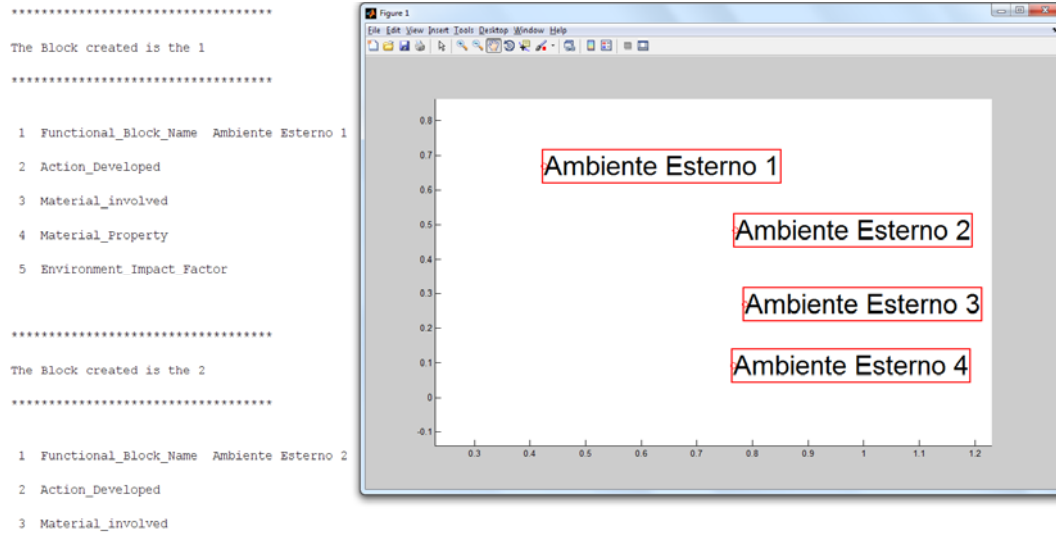


Figura 4-11: Creazione blocchi funzionali.

la procedura descritta in figura 4.11 corrisponde alla generazione, in memoria, di quattro strutture così definibili (fig. 4.13):



Figura 4-12: Rappresentazione simbolica delle strutture.

La fase immediatamente successiva è quella di definizione dei blocchi funzionali. Procedendo, così come indicato in fig. 4.11, si passa, dunque, alla fase di generazione delle strutture Blocco_Funzionale, le quali richiedono il completamento di vari campi. Per ogni blocco, infatti, è necessario definire (fig. 4.13):

```

*****
The Block created is the 5
*****

1 Functional_Block_Name  Blocco Funzionale 4
2 Action_Developed  Consentire il riscaldamento dell'acqua
3 Material_involved  |
4 Material_Property
5 Environment_Impact_Factor

To edit field of build structure enter "edit":
To insert a new field in to the Data Structure enter "ins":
To create another structure enter "new":
To explode a node enter "explode":
To remove a field enter "del":
To link the created node enter "link":
To exit from program enter "quit":
    
```

Figura 4-13: Definizione del generico blocco funzionale.

Dalle considerazioni eseguite riguardo i valori energetici in gioco all'interno del sistema, ed osservando l'immagine di fig. 4.6, è immediato associare a ciascuna richiesta proposta dalla procedura il corretto valore. Inserita la funzione, il valore di incidenza per il blocco è posto a zero dopodiché viene inserito il valore di -155 Watt nella coppia di campi "Valore di sorgente energetica" – "Unità di misura associata" per descrivere l'entità di potenza assorbita dalle pareti del componente, così come descritto nell'immagine di fig. 4.9. ciò corrisponde ad una rappresentazione visuale del tipo (fig. 4.14):

<u>4</u>	<u>Consentire il riscaldamento dell'acqua</u>	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>-155</u>	<u>W</u>	

Figura 4-14: Rappresentazione della gestione memoria per la struttura creata.

Di seguito si riporta l'immagine contenente l'insieme delle rimanenti strutture definite, con i campi completamente caratterizzati (fig. 4.15).

<u>5</u>	Gestire il livello di pressione nel serbatoio	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>0</u>	<u>null</u>	

<u>6</u>	Permettere la risalita dell'acqua e contenere la polvere di caffè	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>- 63</u>	<u>W</u>	

<u>7</u>	Assicurare la tenuta tra i due componenti	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>0</u>	<u>null</u>	

<u>8</u>	Consentire la risalita dell'infuso accogliendolo	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>-1</u>	<u>W</u>	

<u>9</u>	Afferrare e manovrare il sistema	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>0</u>	<u>null</u>	

<u>10</u>	Isolare parzialmente l'infuso dall'atmosfera	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>0</u>	<u>null</u>	

<u>11</u>	Consentire la movimentazione del sistema isolante	
<u>0</u>	<u>0</u>	<u>null</u>
<u>0</u>	<u>null</u>	

Figura 4-15: strutture generate in memoria.

Una volta definite tutte le strutture matematiche, il programma passa alla creazione e gestione della matrice strutturata, mediante la quale riproporre la struttura a grafo della rete. In particolare, come noto dallo studio delle procedure descritte nel capitolo 3, per la definizione della matrice è richiesta la definizione delle connessioni esistenti tra tutti i nodi facenti parte del sistema. Dunque, così come evidenziato in fig. 4.15, la richiesta è quella di definire, per le coppie di nodi da collegare, il numero, la tipologia e le caratteristiche di ogni singola connessione.

In particolare, l'immagine di fig. 4.16 rappresenta la prima richiesta "significativa" eseguita, in quanto, prima del nodo funzionale "4", si richiedeva di definire connessioni esistenti tra blocchi di ambiente esterno che, pur potendo esistere, non sono presenti nel particolare caso in questione.

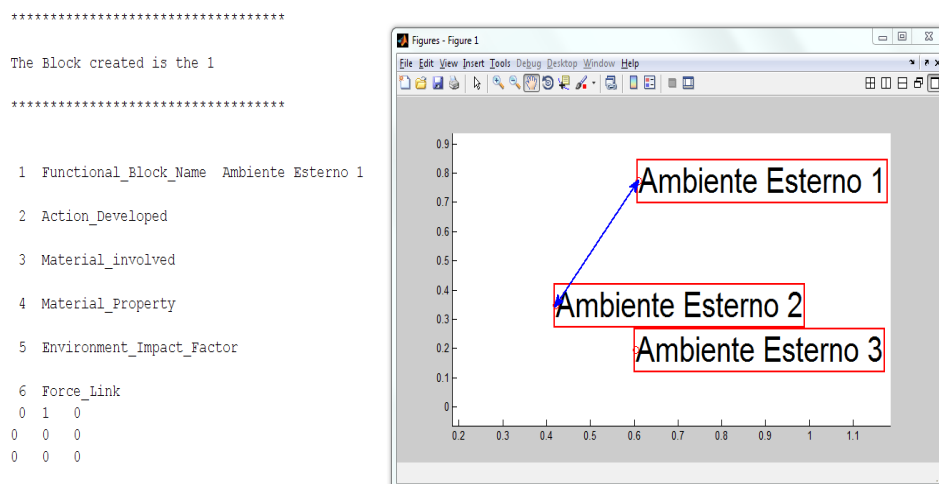


Figura 4-16: Definizione dei link e matrice strutturata.

Osservando l'immagine di fig. 4.6, si nota come tra il blocco di ambiente esterno "0" ed il blocco funzionale "4" esistano due link diretti secondo la direzione "0→4", ovvero il link di forza "I" ed il link di energia "I". Il primo descrive il contatto esistente tra il "fornello" ed il serbatoio inferiore, ovvero il legame di forza esistente tra il blocco di ambiente esterno "*Generare potenza termica e mantenere in posizione il sistema*" ed il blocco funzionale "*Consentire il riscaldamento dell'acqua*". Il secondo, invece, conterrà il valore di potenza fornito dal nodo "0" al nodo "4" tramite la fiamma. Procedendo con la definizione, dunque (fig. 4.17)

In particolare si può notare come il flusso energetico definito per il link di energia denominato "1" sia esattamente la potenza introdotta nel sistema per consentire la trasformazione. Così si procede nella definizione di tutti gli altri collegamenti. Evitando di riproporre la stessa situazione descritta nell'immagine di fig. 4.16, mediante la seguente tabella (tab. 4.3) sono descritte tutte le caratteristiche da inserire nei vari campi dei link all'atto della richiesta da parte del programma

Tabella 4-3: Descrizione dei link funzionali

Link	Caratteristiche	Valori inseriti
f ₁ , coll. 0 → 4	tipologia forza	contatto
	unità misura	MPa
	intensità	10
e ₁ , coll. 0 → 4	forma energia	potenza
	quantità	400
	unità misura	W
	trans./persist.	1
m ₁ , coll. 1 → 4	qualità	acqua
	quantità	0,0003
	unità misura	Kg/s
	energia specifica	0
	unità misura energia	W
	in bilancio	1
m ₂ , coll. 1 → 6	qualità	caffè in polv.
	quantità	30
	unità misura	g
	energia specifica	0
	unità misura energia	W
	in bilancio	0
f ₁ , coll. 4 → 1	tipologia forza	contatto
	unità misura	MPa
	intensità	10
e ₂ , coll. 4 → 2	forma energetica	potenza
	quantità	200
	unità misura	W
	trans./persist.	1
s ₁ , coll. 4 → 5	tipologia segnale	acustico
	modulo	50
	unità misura	dB
f ₂ , coll. 4 → 5	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	200
m ₃ , coll. 4 → 6	qualità	acqua
	quantità	0,0003
	unità misura	Kg/s
	energia specifica	316600
	unità misura energia	J/Kg
	in bilancio	1
f ₃ , coll. 4 → 6	tipologia forza	contatto
	unità misura	Mpa
	intensità	10
f ₄ , coll. 4 → 8	tipologia forza	serraggio
	unità misura	N
	intensità	100

Link	Caratteristiche	Valori inseriti
f ₂ , coll. 5 → 4	tipologia di forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	200
f ₃ , coll. 6 → 4	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	10
f ₅ , coll. 6 → 7	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	50
m ₄ , coll. 6 → 8	qualità	caffè
	quantità	0,0003
	unità misura	Kg/s
	energia specifica	106666
	unità misura energia	J/Kg
	in bilancio	1
f ₅ , coll. 7 → 6	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	50
f ₆ , coll. 7 → 8	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	50
m ₅ , coll. 8 → 3	qualità	caffè
	quantità	0,0003
	unità misura	Kg/s
	energia specifica	103333
	unità misura energia	J/Kg
	in bilancio	1
f ₄ , coll. 8 → 4	tipologia forza	serraggio
	unità di misura	N
	intensità	100
f ₆ , coll. 8 → 7	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	50
f ₁₃ , coll. 8 → 9	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	150
f ₈ , coll. 8 → 10	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	10
f ₇ , coll. 9 → 8	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	150
f ₉ , coll. 9 → 10	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	150

Link	Caratteristiche	Valori inseriti
f ₈ , coll. 10 → 8	tipologia forza	contatto
	unità di misura	MPa
	intensità	10
f ₉ , coll. 10 → 9	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	150
f ₁₀ , coll. 10 → 11	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	50
f ₁₀ , coll. 11 → 10	tipologia forza	collegamento
	unità di misura	N
	intensità	50

Prendendo in esame quattro tra i link definiti, ognuno di diversa tipologia, si propone di seguito (fig. 4.17) una esemplificazione di ciò che accade nelle celle di memoria all'atto della definizione dei vari parametri inseriti all'interno dei campi.

Link forza: f₁ collegamento 0 → 4		Link Energia: e₁ collegamento 0 → 4			
<u>1</u>	<u>contatto</u>	<u>1</u>		<u>1</u>	
<u>MPa</u>	<u>10</u>	<u>potenza</u>	<u>400</u>	<u>W</u>	
Link Segnale: s₁ collegamento 4 → 2		Link Materiale: m₃ collegamento 4 → 6			
<u>1</u>	<u>acustico</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>0.06</u>	<u>acqua</u>
<u>50</u>	<u>dB</u>	<u>Kg</u>	<u>1534</u>		<u>Kj</u> <u>Kg</u>

Figura 4- 17: Schematizzazione della gestione dei dati da parte del programma.

Così, ad esempio, durante la definizione del link di energia e_1 , i vari campi saranno colmati mediante i valori indicati in fig. 4.17. La stessa cosa avverrà per tutti gli altri link, per i quali i valori di “riempimento” sono stati definiti in tab. 4.3.

Costantemente alla costruzione dei link il sistema effettua le verifiche di connessione e di coerenza delle connessioni. In tal modo è immediato apportare delle modifiche in corso di stesura.

Il caso della macchina del caffè appena analizzato, evidentemente, non richiede modifiche. Si tratta di un caso di studio ben noto, per il quale sono stati definiti tutti i blocchi funzionali necessari alla sua corretta rappresentazione.

Potrebbero esistere, però, casi in cui l'utente voglia aggiungere allo schema funzionale ulteriori blocchi, mediante i quali rappresentare funzioni aggiuntive da fornire al prodotto. In questi casi l'interfaccia si caratterizza come in fig. 4.18:

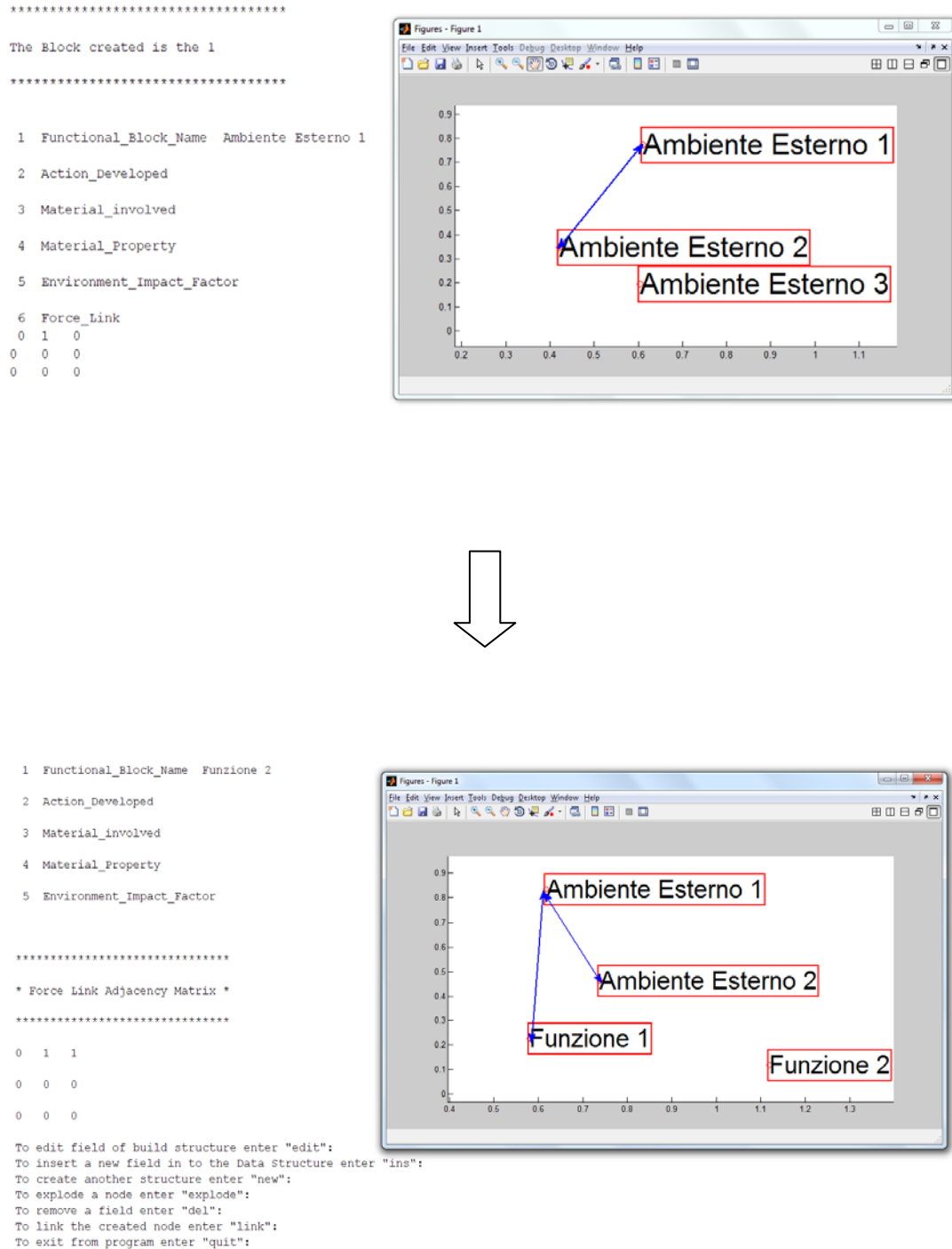


Figura 4-18: Inserimento di un blocco funzionale successivo alla definizione dei link.

Come è possibile verificare dalla precedente immagine, la stesura dell'analisi funzionale è totalmente assistita in ogni istante si desidera effettuare una modifica ai blocchi funzionali, ai link, o se si desidera aggiungere o rimuovere nodi alla rete.